

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-349009

(P2000-349009A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

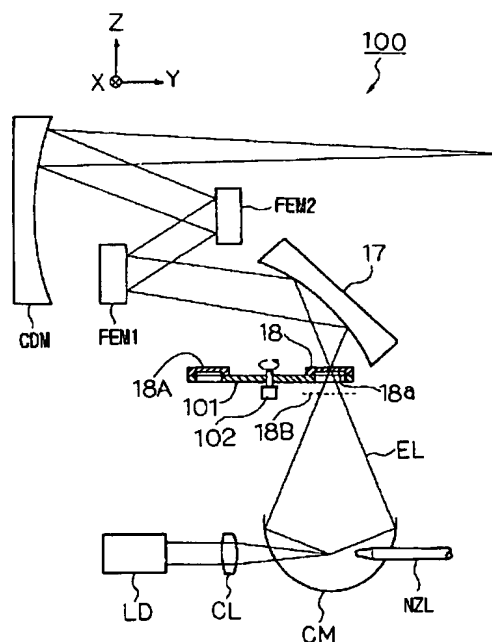
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 3 1 A 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	G 0 3 F 7/20	5 0 3 5 F 0 4 6
	5 2 1		5 2 1
G 2 1 K 5/00		G 2 1 K 5/00	Z
H 0 5 H 1/24		H 0 5 H 1/24	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			
(21) 出願番号	特願平11-157635		
(22) 出願日	平成11年6月4日 (1999. 6. 4)		
(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号		
(72) 発明者	太田 和哉 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内		
(74) 代理人	100098165 弁理士 大森 聡		
Fターム (参考)	2H097 AA02 AB09 BB00 CA13 CA17 EA01 EA03 GB01 LA10 5F046 GA03 GA09 GA20 GB01 GB04 GC03		

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 露光光源から飛散粒子が発生するような場合であっても、その飛散粒子による露光装置の光学部材の光学特性の劣化を抑える。

【解決手段】 高出力レーザ光源LDから射出されたレーザ光を、集光レンズCLにより集光する。その集光点に、ノズルNZLよりターゲットとしてのキセノンガス(Xe)等を噴出してEUV光ELを発生させ、集光ミラーCMにより集光する。集光ミラーCMと折り返しミラー17との間の光路上に、EUV光ELに対して所定の透過率を有する透過フィルタ18を配置しておき、透過フィルタ18で飛散粒子を吸収する。透過フィルタ18を透過したEUV光ELを、折り返しミラー17により偏向し、フライアイミラーFEM1、FEM2により照度分布を均一化して、コンデンサミラーCDMにより集光し、この露光ビームを用いて露光を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長100nm以下の光を露光ビームとして用いて、所定のパターンを基板上に転写する露光方法であって、

前記露光ビームを複数の反射部材を介して前記パターンに照射するに際して、

前記露光ビーム中に混入している粒子を低減することを特徴とする露光方法。

【請求項2】 波長100nm以下の光を露光ビームとして用いて、所定のパターンを基板上に転写する露光装置であって、

波長100nm以下の光を露光ビームとして発生する光源と、

該光源から射出された露光ビームを前記パターンに導く複数の反射部材と、

前記光源と前記パターンとの間の前記露光ビームの光路上に配置された所定の透過率を有する透過部材と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項3】 前記透過部材と前記基板との間に少なくとも一つの反射部材が配置されたことを特徴とする請求項2記載の露光装置。

【請求項4】 前記光源と前記パターンとの間に反射型のオプティカル・インテグレータを配置し、前記透過部材を前記光源と前記オプティカル・インテグレータとの間に配置することを特徴とする請求項2記載の露光装置。

【請求項5】 前記透過部材を前記オプティカル・インテグレータの直前に配置することを特徴とする請求項4記載の露光装置。

【請求項6】 前記透過部材は、前記露光ビームに対して10%以上で90%以下の透過率を有することを特徴とする請求項2～5の何れか一項記載の露光装置。

【請求項7】 前記光源はレーザープラズマ光源であり、前記露光ビームは波長5～50nmの極端紫外光であることを特徴とする請求項2～6の何れか一項記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、プラズマディスプレイ又は液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光方法及び装置に関し、特に露光ビームとして軟X線のような極端紫外光（Extreme Ultra Violet 光：EUV光）を使用する場合に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレジスタのパターンを基板としてのレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写するために、ステッパー等の投影露光装置、又はそのパター

ンを直接ウエハ上に転写するプロキシミティ方式の露光装置等の各種の露光装置が使用されている。斯かる露光装置では、従来は露光用の照明光（露光ビーム）として水銀ランプのi線（波長365nm）やKrFエキシマレーザ光（波長248nm）のような紫外光が使用されていた。最近ではより高い解像度を得るために、露光ビームとしてArFエキシマレーザ光（波長193nm）やF<sub>2</sub>レーザ光（波長157nm）のような真空紫外光（VUV光）を使用する露光装置の開発も行われている。また、従来のこれらの露光装置の照明系や投影光学系としては、屈折系、又は反射屈折系が使用されていた。

【0003】これに対して、より微細な半導体素子等を製造するために、露光ビームとして波長が100nm程度以下の軟X線等の極端紫外光（EUV光）を使用するEUV露光装置の開発も行われつつある。このEUV露光装置では、露光光源としてSOR（Synchrotron Orbital Radiation）リング又はレーザープラズマ光源等が使用される。後者のレーザープラズマ光源は、EUV光発生物質（ターゲット）に高輝度のレーザ光を照射することにより、そのターゲットが高温のプラズマ状態に励起され、それが冷える際に放出するEUV光、紫外光、可視光、及び他の波長の光を利用するものである。そして、露光には、主に波長5～20nmのEUV光が露光ビームとして使用される。その現在開発中のEUV露光装置では、EUV光を良好に透過する光学部材が現時点では開発されていないため、照明光学系及び投影光学系は全て反射型の光学部材によって構成され、レチクルもまた反射型のものが使用される。

【0004】更に、EUV光よりなる露光ビームの光路の大部分は実質的に真空にしておくことが望ましいが、その露光ビームの光路全体を高真空に維持するのは、露光装置の構成が全体として大型化して製造コストも増大する。そこで、例えば特開平5-217858号公報においては、露光ビームの光路を複数の部分光路に分割し、部分光路間で真空度を変えるか、又は真空度が低くともよい部分ではヘリウムガス（He）のような比較的高透過率の気体を供給するようにした露光装置が提案されている。この露光装置では、隣接する部分光路を隔てるために境界部に露光ビームに対して透過性の窓部材が配置されていた。

【0005】また、特開平7-263322号公報においても、露光ビームの光路を複数の部分光路に分割し、部分光路間で真空度を変えると共に、隣接する部分光路の境界部に露光ビームに対して透過性の窓部材を配置した露光装置が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の如くEUV露光装置においては、露光光源としてレーザープラズマ光源の使用も検討されている。しかしながら、レーザープラズマ

光源を使用するEUV露光装置では、ターゲットにレーザー光を照射した際に、そのターゲット自体の一部が飛散粒子、即ちデブリ (debris) となって飛び散り、このデブリが露光ビームの光路上の照明光学系、レチクル、及び投影光学系等に到達し、それらに使用されている反射部材等に付着して反射率を著しく低下させてしまうという問題があった。

【0007】このため、米国特許 (USP) 第5, 577, 092号に開示されているように、デブリを発生さないことを目的として、ガスジェットクラスターをターゲットとするレーザープラズマ光源の開発も行われている。ところが、この場合にも、ガスを噴射するノズルがその近傍に発生する高温のプラズマによって侵食されることにより、ノズルから或る程度のデブリが発生してしまう。

【0008】また、EUV光よりなる露光ビームの光路を複数の部分光路に分割して、各部分光路毎の真空度を変える (又は高透過率の気体を供給する) ようにした露光装置では、隣接する部分光路間の気密性を維持するために、それらの境界部に露光ビームに対して透過性の窓部材が組み込まれていた。しかしながら、この場合の窓部材は、できるだけ露光ビームに対する透過率が高い材料より形成されると共に、全体として露光ビームに対する透過率をできるだけ高くするように薄く形成されており、デブリが後段の光学系に達するのを防止する効果はあまり大きくなかった。更に、特に露光光源がレーザープラズマ光源である場合には、高温のプラズマ等により、窓部材が多量の損傷を受ける恐れがあった。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、射出される露光ビームに飛散粒子 (デブリ) 等の粒子が混入し易い光源を使用する場合であっても、その露光ビームを転写用のパターン又は露光対象の基板に導くための光学部材の光学特性の劣化を抑えることのできる露光方法を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような露光方法を実施できる露光装置を提供することをも目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による露光方法は、波長100nm以下の光を露光ビームとして用いて、所定のパターン (2) を基板 (10) 上に転写する露光方法であって、その露光ビームを複数の反射部材 (17, FEM1, FEM2, CDM) を介してそのパターンに照射するに際して、その露光ビーム中に混入している粒子を低減するものである。

【0011】斯かる本発明の露光方法によれば、例えばレーザープラズマ光源を使用する場合のように、その露光ビーム中に飛散粒子が混入している場合であっても、その露光ビームの光路上でその飛散粒子が低減される。従って、それらの反射部材に付着する飛散粒子の量が低減されるため、それらの反射部材又はそのパターンの反射

率の低下等の光学特性の劣化が抑制される。

【0012】次に、本発明による露光装置は、波長100nm以下の光を露光ビームとして用いて、所定のパターン (2) を基板 (10) 上に転写する露光装置であって、波長100nm以下の光を露光ビームとして発生する光源 (LD, CL, NZL, CM) と、この光源から射出された露光ビームをそのパターンに導く複数の反射部材 (17, FEM1, FEM2, CDM) と、その光源とそのパターンとの間のその露光ビームの光路上に配置された所定の透過率を有する透過部材 (18) と、を有するものである。

【0013】斯かる本発明の露光装置によれば、透過部材による粒子の吸着作用を積極的に活用して、その透過部材によって露光ビーム中の粒子を吸着又は吸収する。即ち、その光源から飛散粒子が発生しても、その露光ビームの光路上の透過部材によってその飛散粒子が吸収される。従って、その透過部材よりもそのパターン側への飛散粒子の拡散を防ぐことができ、その飛散粒子によるそれらの反射部材又はそのパターンの反射率の低下を抑えることができ、本発明の露光方法を実施することができる。

【0014】この場合、その光源とそのパターンとの間に反射型のオプティカル・インテグレータ (FEM1, FEM2) を配置し、その透過部材をその光源とそのオプティカル・インテグレータとの間に配置することが望ましい。これによって、その透過部材の厚さのばらつきや、その透過部材への飛散粒子の付着等により、その透過部材の透過率が不均一になってその露光ビームの照度が或る程度不均一になっても、その反射型のオプティカル・インテグレータによりその露光ビームの照度分布が均一化される。

【0015】また、その透過部材は、一例としてケイ素 (Si) の薄膜 (メンブレン) である。そして、その透過部材の冷却機構を設けるか、又はその透過部材の透過率が不均一になったときにその透過部材を交換する機構を設けるようにしてもよい。本発明の透過部材は、真空度の異なる空間の境界部に配置される訳ではないため、冷却機構や交換機構を設けることは容易である。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。図1は、本例の露光装置の全体構成を概略的に示し、この図1において、本例の露光装置は、露光ビーム (露光光) として波長5~20nmの軟X線領域の極端紫外光 (Extreme Ultraviolet 光、以下「EUV光」という) ELを用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光動作を行う縮小投影型の露光装置である。本例では、後述するように、物体面側に配置されるマスクとしてのレチクル2からの反射光束の主光線を、像面側に配置されるウエハ (wafer) 10上に実質的に垂直に投射する投影光学系2

00が使用されている。投影光学系200は、物体面側が非テレセントリックで、且つ像面側がテレセントリックであるとともに、複数枚（例えば3～8枚程度であり、図1では4枚）の反射光学素子のみからなる反射系（投影倍率は1/4、1/5、1/6など）である。そこで、以下では、投影光学系200からウエハ10に入射するEUV光ELの主光線に平行な方向を投影光学系200の光軸方向と呼ぶと共に、この光軸方向に平行にZ軸を取り、これに垂直な平面（本例ではほぼ「水平面」に合致している）内で図1の紙面内の左右方向にY軸、その紙面に垂直な方向にX軸を取って説明する。

【0017】本例の露光装置は、露光光源としてのレーザプラズマ光源を含む照明系100を備えており、露光ビームとしてのEUV光ELは、Y方向に沿ってほぼ水平に露光本体部に射出されている。この露光本体部は、照明系100からのEUV光ELを反射して所定の入射角でレチクル2のパターン面（図1における下面）に入射させるように折り曲げる折り返しミラー1、レチクル2を保持するマスクステージとしてのレチクルステージ3、レチクル2のパターン面で反射されたEUV光ELをウエハ10の被露光面に対して投射する反射系からなる投影光学系200、ウエハ10を保持する基板ステージとしてのウエハステージ11、レチクル側の斜入射方式のオートフォーカスセンサ（以下「AFセンサ」と呼ぶ）4、5、ウエハ側の斜入射方式のAFセンサ12、13、及びマーク検出系としてのオフ・アクシス方式のアライメントセンサALG等を備えている。

【0018】まず、本例の照明系100につき図2～図5を参照して説明する。図2は照明系100を示し、この図2において、半導体レーザ励起によるYAGレーザ光源又はエキシマレーザ光源等の高出力レーザ光源LDと、高出力レーザ光源LDからのレーザ光を集光する集光レンズCLと、レーザプラズマ光源のターゲットとしてのキセノンガス（Xe）やクリプトンガス（Kr）等を噴出するノズルNZLと、集光ミラーCMとから本例のガスジェットクラスタ方式のレーザプラズマ光源が構成されている。

【0019】ここでEUV光の発生のしくみについて簡単に説明する。まず、高出力レーザ光源LDから射出されたレーザ光は集光レンズCLにより一点に集光される。その集光点には、レーザプラズマ光源のターゲットとしてのキセノンガスやクリプトンガス等がノズルNZLから噴出されており、そのターゲットが高出力レーザ光源LDからのレーザ光のエネルギーでプラズマ状態に励起される。そして、これが低ポテンシャル状態に遷移する（冷える）際にEUV光、波長100nm以上の紫外光、可視光、及び他の波長の光を放出する。

【0020】このようにして発生したEUV光等は全方位に発散するため、これを集光する目的で、そのターゲットを囲むように回転楕円面状の反射面を持つ集光ミラ

ーCMが設けられている。高出力レーザ光源LDからのレーザ光は、集光ミラーCM内の第1焦点の近傍に集光されている。集光ミラーCMの内面にはEUV光を反射するためのEUV光反射層が形成されており、その裏面には冷却装置が取り付けられている。反射されない波長の光は多層膜等により吸収されて熱に変わるため、集光ミラーCMの温度が上昇する。この集光ミラーCMを冷却するために冷却装置が必要となる。冷却装置としては冷却液体を用いるものが冷却効率の点からは好ましいが、これに限定されるものではない。集光ミラーCMの素材は熱伝導が良好である点から金属が適している。集光ミラーCMの表面に形成されているEUV光の反射層として、2種類の物質を交互に積層した多層膜を用いることにより、特定の波長の光のみを反射できることが知られている。例えば、モリブデン（Mo）とケイ素（Si）とを交互に数十層コーティングすると波長約13nmのEUV光を選択的に反射できる。また、モリブデン（Mo）とベリリウム（Be）とを交互に数十層コーティングすると波長約11nmのEUV光を選択的に反射できる。

【0021】本例の集光ミラーCMによって選択的に反射されたEUV光ELが、露光ビームとして集光ミラーCMの第2焦点の近傍に集光される。その第2焦点の近傍に、EUV光ELに対して所定の透過率を持つ透過フィルタ18（詳細後述）が配置されており、集光ミラーCMで反射集光されたEUV光ELは、透過フィルタ18を透過した後、折り返しミラー17の凹の反射面によって反射及び偏向されてほぼ平行光束となって反射型のオブティカル・インテグレータ（ホモジナイザー）としての第1のフライアイミラーFEM1に入射する。第1のフライアイミラーFEM1で反射されたEUV光ELは、第2のフライアイミラーFEM2で反射されて照度分布が均一化された状態でコンデンサミラーCDMにより反射及び集光されて、図1の折り返しミラー1に向けて偏向される。

【0022】更に、図2において不図示ではあるが、コンデンサミラーCDMで反射されたEUV光ELの進行方向側（図2における紙面右側）には、露光波長以外の紫外光、及び可視光をカットしてEUV光ELのみを通過させる目的でEUV光選択板が設けられている。これは、集光ミラーCMに形成された多層膜からなるEUV反射膜は、EUV光近辺の波長に対してはかなり鋭い波長選択性を持ち、露光に用いる特定の波長の光のみを選択的に反射するが、露光波長から離れた波長の紫外光や可視光等も同様に反射してしまうためである。これらの光を露光時にレチクル2や投影光学系200に導くと、余計なエネルギーのためにレチクル2や投影光学系200を構成するミラー6～9が発熱したり、最悪の場合にはウエハ10上に不要な光が転写されて像の劣化を招く恐れもあるため、EUV光選択板で不要な光を除去してい

るものである。EUV光選択板としては、薄い金属膜等が使用できる。また、そのEUV光選択板の機能を透過フィルタ18に持たせてもよい。

【0023】以上のレーザプラズマ光源、透過フィルタ18、折り返しミラー17、フライアイミラーFEM1、FEM2、及びコンデンサミラーCDM等から照明系100が構成されている。本例の透過フィルタ18は、折り返しミラー17の入射面側、即ちフライアイミラーFEM1、FEM2とレーザプラズマ光源との間に配置されているため、まずフライアイミラーFEM1、FEM2の構成につき説明する。

【0024】図4(a)に示すように、第1のフライアイミラーFEM1は、複数列(本例では3列)の光学素子群GE11~GE13から構成され、各光学素子群GE11、GE12、GE13は、それぞれZ軸に平行な軸A1、A2、A3に沿って配列された複数の円弧状のX方向に細長い反射面を持つ反射光学素子E11a~E11v、E12a~E12y、E13a~E13vから構成されている。また、図4(b)に示すように、第2のフライアイミラーFEM2は、複数(本例では3個)の光学素子群GE21~GE23から構成され、各光学素子群GE21~GE23は、それぞれほぼ正方形の反射面を持つ複数の反射光学素子E2から構成されている。それらの光学素子群GE21~GE23は全体として円形になるように配列されている。

【0025】そして、図5に示すように、第1のフライアイミラーFEM1の軸A1を持つ光学素子群GE11に入射した光束(露光ビーム)の内で、上部の点C1aを中心とする反射光学素子E11aによって反射された光束は、第2のフライアイミラーFEM2の光学素子群GE2i(i=1~3)の上部の複数の反射光学素子E2の反射面(代表的に領域Iaで表されている)に入射する。同様に、光学素子群GE11に入射した光束の内で、中心部の点C1f及び下部の点C1kを中心とする反射光学素子E11f及びE11kによって反射された光束は、それぞれ光学素子群GE2iの中心部及び下部の複数の反射光学素子E2の反射面(代表的に領域If及びIkで表されている)に入射する。このようにフライアイミラーFEM1の光学素子群GE11~GE13の各反射光学素子からの光束はそれぞれフライアイミラーFEM2の横方向に配列された複数の反射光学素子E2に入射している。

【0026】この場合、第1のフライアイミラーFEM1のZ方向の反射光学素子の配列数は、第2のフライアイミラーFEM2のZ方向の反射光学素子の配列数の3倍程度であるため、積分効果によって第2のフライアイミラーFEM2の各反射光学素子E2上での照度は均一化されている。そして、第2のフライアイミラーFEM2の各反射光学素子E2からの反射光を重畳的に図2のコンデンサミラーCDMに照射することによって、EUV

光E Lの照度分布の均一性が更に向上している。

【0027】さて、本例のようにレーザプラズマ光源を使用する場合には、図2においてノズルNZLが高温のプラズマによって侵食されることにより、ノズルNZLから飛散粒子、即ちデブリ(debris)が発生してしまう場合がある。このデブリが露光装置に使用されている光学部材(折り返しミラー1、17、フライアイミラーFEM1、FEM2、コンデンサミラーCDM、レチクル2、投影光学系200の各レンズ等)に付着すること等による露光ビームの照度低下、及び照度分布の均一性の低下等の悪影響を防ぐため、本例の照明系100内の折り返しミラー17の入射面側に透過フィルタ18が配置されている。本例の透過フィルタ18は、円板状のケイ素(Si)であるシリコンウエハの中央部を所定の厚さになるようにエッチングして薄膜部18a(メンブレン)を形成したものであり、その透過部材に対応する薄膜部18aを露光ビームとしてのEUV光E Lが透過することによって、EUV光E L中に混入しているデブリのかなりの部分が吸着又は吸収される。このため、その薄膜部18aの透過率はEUV光E Lに対して10~90%程度の範囲内に設定されることが望ましい。

【0028】EUV光E Lの照度を高めて露光工程のスループットを高めるためには、薄膜部18aの透過率は例えば10~20%程度のように低い方が望ましい。しかしながら、例えばデブリの量が多いような場合には、その薄膜部18aの透過率が低すぎるとデブリの吸収量が少なくなるため、デブリの量が多い場合にはその透過率は大きめに設定することが望ましい。

【0029】また、図2において、本例のEUV光の透過フィルタ18は、回転板101上に設けられており、回転板101には、更に交換用の未使用の透過フィルタ18Aも設けられている。更に、不図示であるが、回転板101には、冷却された液体を循環させる液冷方式、ペルチェ素子等を用いて熱吸収を行う熱吸収方式、又はヒートパイプを用いて熱を他の放熱板等に逃がす熱交換方式等の冷却装置が備えられており、透過フィルタ18で蓄積された熱は効率的に放熱されている。そして、EUV光E Lの照射によって透過フィルタ18が破損したり、デブリが付着してEUV光に対する薄膜部18aの透過率が低下したりした場合には、駆動部102により回転板101を回転して、透過フィルタ18を未使用の透過フィルタ18Aに交換することとしている。このように透過フィルタ18を交換することによって、露光ビームの照度が高く維持される。

【0030】また、本例の透過フィルタ18は、集光ミラーCMと折り返しミラー17との間の光路上の集光ミラーCMの第2焦点の近傍、即ち最もEUV光E Lのビーム径が細くなる位置に配置されている。透過フィルタ18の薄膜部18aは、例えば1 $\mu$ m以下の厚さに形成される場合もあるが、そのような配置によって透過フ

ルタ18の薄膜部18aの面積を最も小さくできるため、薄膜部18aの強度を高く維持できる利点がある。

【0031】また、透過フィルタ18を配置する位置としては、点線で示す位置18Bのように、EUV光ELのビーム径が最も細くなる位置から若干離れた位置であってもよい。EUV光ELのビーム径が最も細くなる位置は、EUV光のエネルギーがほぼ一点に集中してしまうため、透過フィルタ18が破損しやすくなる恐れがある。従って、最も光束が細くなっている位置から若干離れた位置18Bに透過フィルタ18を配置することにより、透過フィルタ18の薄膜部18aの面積をそれほど大きくすることなく、透過フィルタ18に与えられる熱応力の負荷を軽減し、透過フィルタ18の耐久性の向上を図ることができる。

【0032】また、図3に示すように、折り返しミラー17と第1のフライアイミラーFEM1との間、即ち第1のフライアイミラーFEM1の直前の位置18CにEUV光用の透過フィルタ18を配置してもよい。透過フィルタ18の薄膜部18a（図2参照）の面積は、集光ミラーCMと折り返しミラー17との間に配置する場合に比べて大きくする必要があるが、単位面積当たりに照射されるEUV光のエネルギーを小さくでき、透過フィルタ18の耐久性の向上を図ることができる。更に、上記の実施の形態のように透過フィルタ18をフライアイミラーFEM1、FEM2よりもレーザプラズマ光源側に配置した場合には、透過フィルタ18の薄膜部18aの厚さのばらつきや、透過フィルタ18へのデブリの付着等により、透過フィルタ18の透過率分布が不均一になりEUV光ELの照度分布が不均一になっても、フライアイミラーFEM1、FEM2により、EUV光ELの照度分布が均一化される利点がある。

【0033】なお、透過フィルタ18の材料としては、ケイ素（Si）が使用されているが、透過フィルタ18の材料はこれに限定されるものではなく、EUV光に対して所定の透過率を有し、EUV光の光路上へのデブリの進入を防ぐことのできるものであればよい。図1に戻り、レチクル2を保持するレチクルステージ3は、図1では図示省略されているが、実際にはXY平面に沿って配置されたレチクルベース上に、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータによって浮上支持されている。そのアクチュエータは、レチクルステージ3の周辺部の底部に設けられた永久磁石（図示省略）と、レチクルベース上にX方向、Y方向の2次元方向に張り巡らされたコイルとから構成されており、これらのコイルに流す電流を制御することによってレチクルステージ3の6次元方向の位置及び姿勢制御が行われるように構成されている。即ち、レチクルステージ3は、そのアクチュエータによってY方向に所定ストローク（例えば100mm程度以上）で駆動されると共に、X方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動される。更に、レチクルス

テージ3は、そのアクチュエータによってZ方向及びXY平面に対する傾斜方向にも微小量だけ駆動可能に構成されている。

【0034】また、レチクルステージ3は、レチクル2をレチクルベースに対向して吸着保持するレチクルホルダと、レチクルホルダの周辺部を保持するステージ本体と、ステージ本体の内部でレチクルホルダの背面側（上面側）に設けられて、このレチクルホルダの温度をコントロールする温度制御部とを備えている。そのレチクルホルダは、静電チャック式でレチクル2を保持する。これは、EUV光ELを露光ビームとして用いるために、本例の露光装置は、実際には、不図示の真空チャンバ内に収容されており、真空チャック式のレチクルホルダの使用は困難であるからである。レチクルホルダの素材は低膨張ガラスやセラミックス等、従来の波長200～300nm程度の遠紫外光（DUV光）を露光ビームとする露光装置で使用されている材料で差し支えない。

【0035】レチクルホルダのレチクル吸着面には、複数の温度センサが所定間隔で配置されており、これらの温度センサによってレチクル2の温度が正確に測定され、この測定値に基づいてレチクル2の温度を目標温度に保つような温度制御を行う。この温度制御部を構成する冷却装置としては、外部からフレキシブルなチューブを介して冷却液体を引き込む形の液冷方式、ペルチェ素子のような電子素子を用いる方式、又はヒートパイプ等を用いる熱交換方式等が採用できる。

【0036】また、レチクルステージ3の-Y方向側の側面には、鏡面加工が施され、可視領域の光を反射する反射面が形成されている。図1では図示が省略されているが、レチクルステージ3の-X方向側の側面にも鏡面加工が施され、可視領域の光に対する反射面が形成されている。そして、本例の露光装置では、従来のDUV光を露光ビームとする露光装置と同様に、前記反射面等に測定ビームを照射する干渉計システムによってレチクルステージ3のXY平面内の位置及び回転量（ヨーイング量、ピッチング量、及びローリング量）が管理されている。この場合、投影光学系200の側面に設けられた参照鏡19に供給される測定ビームRIFYRとレチクルステージ3の反射面に供給される測定ビームRIFYMとによって、投影光学系200の位置を基準としてレチクルステージ3のY座標及びX軸回りの回転量（ピッチング量）が計測される。同様に投影光学系200の位置を基準としてレチクルステージ3のX座標及び回転角

（Z軸回りの回転量（ヨーイング量）とY軸回りの回転量（ローリング量））が計測される。また、レチクル2のZ方向の位置（フォーカス位置）及び傾斜量は、スリット像を被検面に斜めに投影する照射光学系4と、その被検面からの光束よりそのスリット像を再結像し、再結像された像の横ずれ量に対応する信号を出力する受光光学系5とからなるAFセンサ4、5によって計測されて

いる。

【0037】レチクル2の表面（パターン面）には、EUV光ELを反射する反射膜が形成されている。この反射膜は、例えば2種類の物質を交互に積層させた多層膜である。EUV光ELの波長が例えば約13nmである場合には、その反射膜としてモリブデン（Mo）とケイ（素Si）とを交互に積層させた多層膜を使用することで、70%程度の反射率が得られる。また、EUV光ELの波長が約11nmである場合には、その反射膜としてモリブデン（Mo）とベリリウム（Be）とを交互に積層させた多層膜を使用することができる。その反射膜の上にEUV光を吸収する吸収膜を一面に塗布し、この吸収膜をパターンニングすることによって原版パターンが形成されている。多層膜のような反射膜自体をパターンニングすると、欠陥等が生じた場合の修復が困難であるのに対し、反射膜上の吸収膜をパターンニングする方法では再加工が可能であるため、パターン修復が容易である。実在する大部分の物質がEUV光を反射しないため、吸収層に用いることができる。本例では、レチクル2のZ方向の位置を計測するために、AFセンサ4、5が用いられるため、このAFセンサ4、5からの測定ビームに対して前記反射層（反射膜）と同程度の反射率が得られるような物質により吸収層が形成されている。この他、その吸収層の形成材料の選択基準として、パターンニングのし易さ、反射層への密着性、酸化等による経年変化が小さい等が挙げられる。

【0038】レチクル2は、前述したようにその表面に反射層が形成されるため、レチクル2そのものの素材は特に問わない。レチクル2の素材としては、例えば低膨張ガラス、石英ガラス、セラミックス、シリコンウエハ等が考えられる。この素材の選択の基準として、例えばレチクルホルダの素材と同一の素材をレチクル2の素材として用いることが挙げられる。更に、露光ビームの照射等による温度上昇に起因してレチクル2やレチクルホルダに熱膨張が生じるが、両素材が同一であれば同一量だけ膨張するので、両者の間にずれようとする力（熱応力）が働かないという利点がある。これに限らず、異なる物質であっても同程度の線膨張率を持った物質をレチクル2とレチクルホルダとの素材として用いれば、同じ効果が得られる。例えば、レチクル2にシリコンウエハ、レチクルホルダに炭化珪素（SiC）を用いることが考えられる。レチクル2の素材としてシリコンウエハを用いると、レチクル2の製造では半導体デバイスの製造で使用されるパターン描画装置やレジスト塗布装置、エッチング装置等のプロセス装置等がそのまま使用できるという利点もある。本例では、このような理由により、レチクル2の素材としてシリコンウエハを用い、レチクルホルダをSiCによって形成している。

【0039】また、図1において不図示であるが、レチクル2の下方（EUV光ELの入射側）には可動式ブラ

インドと、視野絞りとしてのスリット板とがレチクル2に近接して配置されている。より具体的には、これらの可動式ブラインド、スリット板は、レチクルステージ3が配置されるレチクルベース（図示省略）の内部に配置されている。

【0040】スリット板は、円弧状の照明領域を規定するもので、投影光学系200に対して固定されていても良いが、本例においては、このスリット板は、モータ等を含む切り換え機構としての駆動機構によって駆動可能に構成されている。スリット板は、露光ビームとしてのEUV光ELが照射されるレチクル2上の円弧状の照明領域を規定する第1スリットと、レチクル2のパターン領域の両側に形成されたアライメントマークの部分を含む照明領域を規定する第2スリットとを有する。露光時には、そのスリット板を、円弧状の照明領域が照射されるように切り換え、レチクル2の位置合わせ（アライメント）時には、そのスリット板を、EUV光ELが上記のアライメントマークを含む領域に照射されるように切り換えるように構成されている。

【0041】可動式ブラインドは、同一レチクル内に描かれた冗長回路パターン（又はパターン領域外の部分）をウエハ10に転写したくない場合、その冗長回路部分が照明領域内に含まれるのを防止するためのもので、所定の駆動機構によってレチクルステージ3のY方向の移動と同期してその可動式ブラインドのY方向の移動が制御される。この場合、可動式ブラインドは、レチクル2の走査が開始されてからレチクル2と同じように走査を開始してもよいし、目標とする隠すべきパターンがその照明領域に差し掛かるのに合わせて動き始めてもよい。

【0042】次に、本例の投影光学系200について詳細に説明する。投影光学系200は、反射光学素子（ミラー）のみからなる反射系であり、そのレチクル2からウエハ10に対する投影倍率は1/4倍である。従って、レチクル2によって反射され、レチクル2に描かれたパターン情報を含むEUV光ELは、投影光学系200を介してレチクル2の照明領域内のパターンを4分の1に縮小した像をウエハ10上に形成する。

【0043】投影光学系200は、レチクル2で反射されたEUV光ELを順次反射する第1ミラー6、第2ミラー7、第3ミラー8、第4ミラー9の合計4枚のミラー（反射光学素子）と、これらのミラー6～9を保持する鏡筒14とから構成されている。第1ミラー6及び第4ミラー9の反射面は凹の非球面形状を有し、第2ミラー7の反射面は平面であり、第3ミラー8の反射面は凸の球面形状となっている。この第3ミラー8の反射面のような凸面については、その加工計測の都合上、球面とすることが望ましい。各ミラーの素材は低膨張ガラスあるいは金属であって、表面にはレチクル2と同様の2種類の物質を交互に重ねた多層膜によりEUV光ELに対する反射層が形成されている。

【0044】この場合、第1ミラー6で反射された光（露光ビーム）が第2ミラー7に到達できるように、第4ミラー9には貫通穴が設けられている。同様に第4ミラー9で反射された光がウエハ10に到達できるように、第1ミラー6の外形は光束が通過できるように切り欠きを有する形状となっている。なお、第1ミラー6に貫通穴を設けるようにしてもよい。

【0045】EUV光ELを用いて露光を行う場合には、投影光学系200が置かれている環境も真空中であるため、単にミラー6～9を配置したのみでは露光ビームの照射による熱の逃げ場がない。そこで、本例では、ミラー6～9と当該ミラー6～9を保持する鏡筒14との間をそれぞれヒートパイプHPで連結すると共に、鏡筒14を冷却する冷却装置（図示省略）を設けている。即ち、鏡筒14を内側のミラー保持部と、その外周部に装着された冷却ジャケットとの2重構造とし、冷却ジャケットの内部には、冷却液を流すための螺旋状のパイプが設けられている。ここでは、冷却液として冷却水が用いられている。冷却ジャケットから流出チューブを介して流出した冷却水は、不図示の冷凍装置内で冷媒との間で熱交換を行い、所定温度まで冷却された後、冷却ジャケット内のパイプに流入するようになっており、このようにして冷却水が循環している。

【0046】このため、本例の投影光学系200では、EUV光ELの照射によりミラー6～9に熱エネルギーが与えられても、一定温度に温度調整された鏡筒14との間でヒートパイプHPにより熱交換が行われて、ミラー6～9の温度が一定温度に維持されている。この場合において、本例では、図1に示されるように、ミラー6、7、9等については、その裏面側のみでなく表面側（反射面側）の露光ビームが照射されない部分にもヒートパイプHPが貼り付けられているため、裏面側のみを冷却する場合に比べてより効果的に各ミラーの冷却が行われる。なお、第3ミラー8の裏面側や第1ミラー6の表面側のヒートパイプHPは、図1の紙面の奥行き方向において鏡筒14の内周面に達している。なお、鏡筒14の外観は、四角柱状である。

【0047】次に、ウエハ10はウエハステージ11上に載置されている。ウエハステージ11は、XY平面に沿って配置されたウエハベース15上に、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータ16によって浮上支持されている。このアクチュエータ16も、ウエハステージ11の底面に設けられた永久磁石と、ウエハベース15上にX方向、Y方向の2次元方向に張り巡らされたコイルとから構成されており、ウエハステージ11は、そのアクチュエータ16によってX方向及びY方向に所定ストローク（例えば300～400mm程度）で駆動されると共に、 $\theta$ 方向（Z軸回りの回転方向）にも微小量駆動される。また、ウエハステージ11は、アクチュエータ16によってZ方向及びXY面に対する傾斜方向にも微

少量だけ駆動可能に構成されている。

【0048】ウエハステージ11の上面には、静電チャック方式の不図示のウエハホルダが載置され、このウエハホルダによってウエハ10が吸着保持されている。また、図1では図示省略されているが、ウエハステージ11の+Y方向側の側面には鏡面加工が施され、可視光を反射する反射面が形成されている。同様に、ウエハステージ11の-X方向側の側面にも可視光に対する反射面が形成されている。そして、それらの反射面に測定ビームを照射する干渉計システムによって、例えば投影光学系200を基準としてウエハステージ11のXY平面内の位置及び回転量（ヨーイング量、ピッチング量、及びローリング量）が正確に測定されている。

【0049】一方、図1の鏡筒14を基準とするウエハ10のZ方向位置及び傾斜量は、スリット像を被検面に斜めに投影する照射光学系12と、その被検面からの光束よりそのスリット像を再結像し、再結像された像の横ずれ量に対応する信号を出力する受光光学系13とからなるAFセンサ12、13によって計測されている。このAFセンサとしては、例えば特開平6-283403号公報等に開示される多点焦点位置検出系を用いることができる。AFセンサ12、13は鏡筒14と一体的に固定されることが重要である。AFセンサ12、13の計測値に基づいて、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータ16を介してウエハステージ11、即ちウエハ10のフォーカス位置及び傾斜角が補正される。

【0050】また、ウエハステージ11の上面の一端部には、レチクル2に描画されたパターンがウエハ10の表面上に投影される位置と、アライメントセンサALGの検出中心との相対位置関係（いわゆるベースライン量）の計測等を行うためのEUV光用の空間像計測部材FMが設けられている。この空間像計測部材FMは、従来のDUV光を用いる露光装置の基準マーク板に相当するものである。

【0051】この空間像計測部材FMの上面には、開口としてのスリットが形成されている。このスリットは、ウエハステージ11の上面に固定された所定厚さの蛍光発生物質の表面に形成されたEUV光の反射層にパターンニングされたものである。そのスリットの底面側のウエハステージ11の内部には、フォトマルチップライ等々の光電変換素子が配置されている。この配置で、投影光学系200を介して上方から空間像計測部材FMにEUV光ELが照射されると、スリットを透過したEUV光ELが蛍光発生物質に到達し、この蛍光発生物質がEUV光に比べて波長の長い光を発する。この光を光電変換素子によって受光し、その光の強度に応じた検出信号に変換することによって、レチクルパターンのウエハステージ11上での投影位置を容易に求めること等ができる。なお、反射層に代えてEUV光の吸収層を設け、この吸収層にスリットを形成してもよい。



【0052】次に、本例の露光装置による第2層目（セカンドレイヤ）以降の露光工程の動作について説明する。まず、照明系100のレーザプラズマ光源の発光はレチクルアライメント、又はウエハの露光開始までは行われない。そして、図1において、不図示のレチクル搬送系によりレチクル2が搬送され、ローディングポジションにあるレチクルステージ3のレチクルホルダに吸着保持される。また、不図示のウエハ搬送系及びウエハステージ11上の不図示のウエハ受け渡し機構によって、EUV光ELに対して感度のあるレジストが塗布されたウエハ10がウエハステージ11上に載置される。

【0053】次に、ウエハステージ11のウエハ10の各ショット領域に付設されたウエハアライメントマークの内の予め定めたサンプル対象となっているウエハアライメントマーク（1つのショットについて1個又は複数）の位置検出を、ウエハステージ11を順次移動させつつ、アライメントセンサALGを用いて行う。そして、サンプルショットのウエハアライメントマークの位置検出が終了すると、それらのデータを用いて例えば特開昭61-44429号公報に開示される最小2乗法を利用した統計学的手法を用いてウエハ10上の全てのショット領域の配列座標を求める（以下、このアライメント手法を「EGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）」と呼ぶ）。あるいは、上記のショット内の複数のウエハアライメントマークの位置検出データを用いて例えば特開平6-275496号公報に開示される最小2乗法を利用した統計学的手法を用いてウエハW上の全てのショット領域の配列座標及び各ショットの倍率を含む変形量を求める（以下、このアライメント手法を「ショット内多点EGA」と呼ぶ）。

【0054】このようにして、アライメント計測が終了すると、上記のEGAの結果より分かるショット間隔、あるいは上記のショット内多点EGAの結果より分かるショットサイズに基づいて、ショットの倍率変化（X、Yスケーリング）を計算し、その倍率変化量に応じてレチクルパターンの像のX方向（第2方向）の大きさを正確にウエハ10上のショット領域の大きさに一致させるための投影倍率の制御量、即ちレチクル2のZ方向駆動量を算出し、レチクル2を前記算出した量だけZ方向（上下方向）に駆動する。

【0055】上記のレチクル2のZ駆動により、投影倍率の変動及びレチクルパターン像の投影領域の位置ずれが生ずるため、上記のように空間像計測部材FMを用いてベースライン計測、及び投影倍率の計測を行う。次に、この倍率計測の結果に基づいて、目標とする倍率調整量に対し投影倍率の調整残留誤差が許容値以下となっているかを判断する。そして、この判断が否定された場合、即ち投影倍率の調整残留誤差が許容値を越えていた場合、投影倍率を再設定するため、レチクル2を駆動する工程に戻り、再びレチクル2をZ方向に駆動した

後、上記処理・判断を繰り返す。一方、その判断が肯定された場合、即ち投影倍率の調整残留誤差が許容値以下となっていたら、レチクル2の下方のスリット板を照明領域にEUV光ELが照射される位置へ切り換えた後、次の工程に移行する。

【0056】次に、EUV光ELを露光ビームとしてステップ・アンド・スキャン方式で走査露光を行う。即ち、上で求めたウエハ10上の各ショット領域の位置情報に従って、AFセンサ4、5及びAFセンサ12、13と干渉計システムからの位置情報をモニタしつつ、ウエハステージ11を第1ショットの走査開始位置に位置決めすると共に、レチクルステージ3を走査開始位置に位置決めして、その第1ショットの走査露光を行う。この走査露光に際し、レチクルステージ3とウエハステージ11との速度比が投影光学系200の投影倍率にほぼ一致するように両ステージの速度を制御し、両ステージのかかる速度比の等速同期状態にて露光（レチクルパターンの転写）を行う。こうして第1ショットの走査露光が終了すると、ウエハステージ11を第2ショットの走査開始位置へ移動させるショット間のステッピング動作を行う。そして、その第2ショットの走査露光を上述と同様に行う。

【0057】この場合、レチクルステージ3を戻す動作を省略してスループットの向上を図るべく、第1ショットと第2ショットとの走査露光の方向は反対向きに、即ち第1ショットの露光がY軸上の一侧から+側の向きで行われた場合には第2ショットの露光は+側から-側の向きで行われる。即ち交互スキャンが行われる。このようにして、ショット間のステッピング動作とショットの走査露光動作とが繰り返され、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハ10上の全てのショット領域にレチクル2のパターンが転写される。以上のようにして、1枚のウエハ10に対する一連の処理工程が終了する。

【0058】本例によると、露光ビームとして波長が5～20nmの間のEUV光ELを使用しているため、投影光学系200としての複数のミラー（反射光学素子）6～9のみからなる反射系の開口数がそれ程大きくない場合でも、非常に微細なパターン、例えばピッチが100nmないし70nmのライン・アンド・スペースパターン、あるいは線幅が70nmないし55nmの孤立ラインパターンの高精度な転写が可能である。

【0059】このような露光動作に際して、本例の露光装置によれば、透過フィルタ18の使用によって、照明系100中のレーザプラズマ光源から発生するデブリによる反射部材の反射率の低下を抑えることができる。また、EUV光用の透過フィルタ18よりもレチクル2側に配置されている反射部材には、デブリが殆ど到達しないため、それらの反射部材の交換頻度を低くすることができる。従って、露光装置のメンテナンスの負担が軽減される利点がある。

【0060】また、ターゲットを噴射するノズルNZLを、EUV光ELに対して透過率が高い物質（具体的には、貴金属よりも高い透過率を有する物質）、あるいは集光ミラーCMや折り返しミラー17などの反射面に形成される多層膜で使用されている物質の中から選択される物質などで形成してもよい。この場合、ノズルNZLが浸食されて発生する飛散粒子（デブリ）が集光ミラーCMや折り返しミラー17などに付着しても、そのデブリがEUV光に対して高い透過率を有するので、集光ミラーCMや折り返しミラー17などで反射率が極端に低下することがなく、これによりメンテナンス（ミラーの交換や清掃など）の回数を減らすことができ、半導体デバイスなどの生産性を向上させることが可能となる。また、透過フィルタ18の使用時間を延ばすこともできる。

【0061】なお、図2や図3では示していないが、ノズルNZLや集光ミラーCMなどは真空容器内に収納されている。そこで、その真空容器に設けられる、EUV光などが通過する透明窓に波長選択性の薄膜を形成し、EUV光のみを通すようにしてもよい。このとき、照明系（本例では折り返しミラー17、フライアイミラーFEM1、FEM2、コンデンサミラーCDM）の少なくとも一部がその真空容器内に配置される。

【0062】また、前述の実施形態では波長が5～20nm、特に約11nm、又は約13nmのEUV光を露光ビームとして用いるものとしたが、露光ビームの波長域はそれに限定されるものではなく、例えば波長が100nm程度以下の露光ビームに対して有効なものである。なお、EUV光の代表的な波長としては11.5nm、13.4nmなどが知られている。最近では、ミラーの面精度に余裕を持たせるために、波長50nm程度のEUV光も有望となっている。

【0063】また、上記の実施の形態の露光装置は、照明系100や投影光学系200の調整を行うと共に、各構成要素を、電気的、機械的又は光学的に連結して組み上げられる。そして、上記のように露光が行われたウエハ10が、現像工程、パターン形成工程、ボンディング工程等を経ることによって、半導体素子等のデバイスが製造される。

【0064】更に、上記の実施の形態は走査露光型で縮小投影型の露光装置に本発明を適用したものであるが、本発明は、例えばEUV光を用いて投影光学系を介することなく直接レチクルのパターンをウエハ上に転写するプロキシミティ方式の露光装置の照明系や、一括露光型の投影露光装置にも適用することができる。このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の

要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0065】

【発明の効果】本発明の露光方法によれば、その光源として例えばレーザープラズマ光源を使用する場合のようにその光源から飛散粒子が発生する場合であっても、複数の反射部材の反射率の低下等の光学特性の劣化を抑えることができる。次に、本発明の露光装置によれば、本発明の露光方法を実施することができる。また、その透過部材よりもパターン側に配置されている反射部材には、その飛散粒子が殆ど到達しないため、例えばそれらの反射部材の交換頻度を低くすることができ、露光装置のメンテナンスの負担が軽減される利点がある。

【0066】また、その光源とそのパターンとの間に反射型のオプティカル・インテグレータを配置し、透過部材をその光源とそのオプティカル・インテグレータとの間に配置する場合には、その透過部材の厚さのばらつきや、その透過部材への飛散粒子の付着等により、その透過部材の透過率が不均一になりその露光ビームの照度が不均一になっても、その反射型のオプティカル・インテグレータにより、その露光ビームの照度分布が均一化される利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例の露光装置を示す一部を断面とした概略構成図である。

【図2】 図1中の照明系100を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図3】 図2の照明系100の他の例を示す図である。

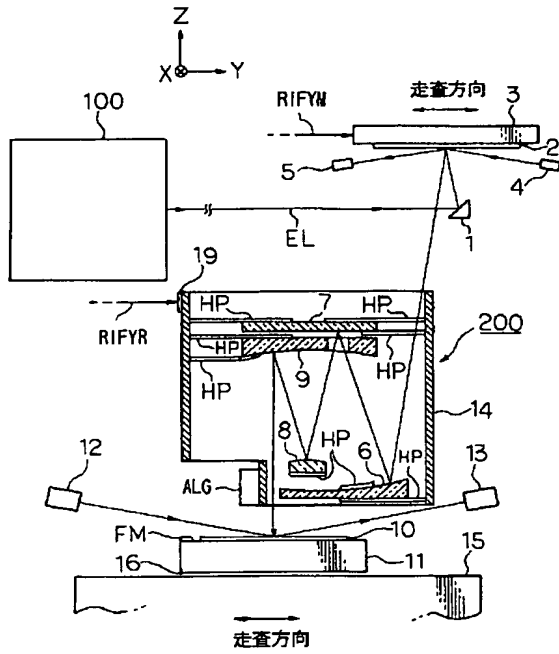
【図4】 (a)は第1のフライアイミラーFEM1を示す図、(b)は第2のフライアイミラーFEM2を示す図である。

【図5】 図2の第1のフライアイミラーFEM1と第2のフライアイミラーFEM2とを部分的に拡大して示す斜視図である。

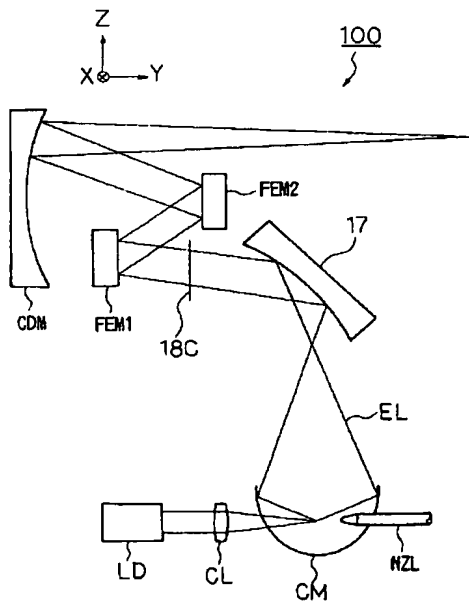
【符号の説明】

1…折り返しミラー、2…レチクル、3…レチクルステージ、4、5…AFセンサ、6…第1ミラー、7…第2ミラー、8…第3ミラー、9…第4ミラー、10…ウエハ、11…ウエハステージ、12、13…AFセンサ、14…鏡筒、15…ウエハベース、17…折り返しミラー、18…透過フィルタ、100…照明系、200…投影光学系、LD…高出力レーザー光源、CL…集光レンズ、NZL…ノズル、CM…集光ミラー、FEM1…第1のフライアイミラー、FEM2…第2のフライアイミラー、CDM…コンデンサミラー

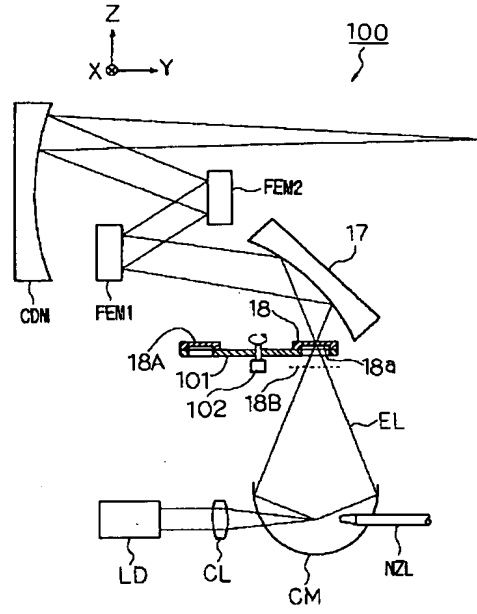
【図1】



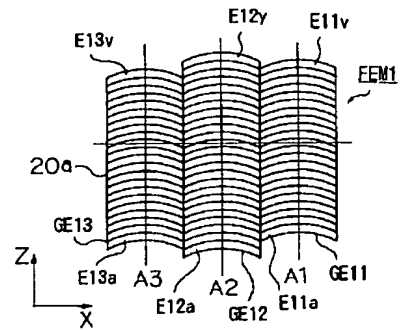
【図3】



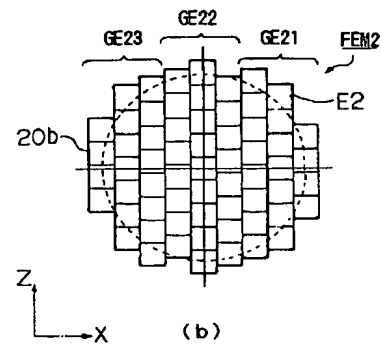
【図2】



【図4】

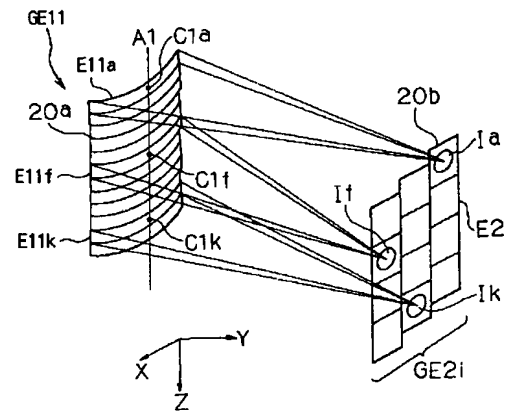


(a)



(b)

【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I  
H O 1 L 21/30

テーマコード (参考)

5 3 1 S

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**